

Stoffverteilungsplan

Physik – Qualifikationsphase Grundkurs

Quantenphysik (Q1)

Seite	METZLER PHYSIK Q		auf der Grundlage von METZLER PHYSIK Q – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –				
	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung	Experimente, Materialien, Kommentare
	QUANTENPHYSIK						
8/9	Einführung	Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben & erklärt werden?	<ul style="list-style-type: none"> SuS können Fragestellungen der Quantenphysik beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können Fragestellungen der Quantenphysik identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren (E1). 			0) Phänomenologisches Experiment am Reflexionsgitter (CD, DVD)
	WELLENOPTIK						
10/11	Wellenphänomene Basiskonzept: Wechselwirkung	Interferenzerscheinungen aus dem Alltag der SuS	<ul style="list-style-type: none"> SuS können Interferenzphänomene beschreiben und erläutern (UF1). SuS können zur Erklärung der Interferenzphänomene funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen (UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden (E2). SuS können mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). SuS können Experimente zur Interferenz von Licht erläutern und diese zielbezogen durchführen (E4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können sich mit anderen über Interferenzphänomene kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). 		1) <u>Interferenz am Doppelspalt mit monochromatischem Licht (mit Laser)</u>
12-15	Interferenz am Doppelspalt	Licht als Welle	<ul style="list-style-type: none"> SuS können physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren (UF3) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können Experimente zur Interferenz von Licht am Doppelspalt erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen (E4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können bei der Dokumentation von Interferenzexperimenten eine korrekte Fachsprache und fachübliche 		2a) Erklärung der Interferenzerscheinungen von Licht durch Analogiebildung mithilfe der <u>Wellenwanne</u>.

	<p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p>Methode: Berechnung von Lichtwellenlängen mittels kleinster Wegdifferenzen</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Zusammenhänge zwischen der Interferenz von Licht und von Wasserwellen erschließen und aufzeigen (UF4). • SuS können zur Berechnung optischer Wegdifferenzen funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen (UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Lichtwege zur Bestimmung der Wellenlänge quantitativ mathematisch beschreiben und Ergebnisse verallgemeinern (E5). 	<p>Darstellungsweisen verwenden (K1).</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS können mithilfe der Wellenwanne qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen die Interferenz von Licht veranschaulichen (K3). • SuS können Verfahren zur Berechnung optischer Wegdifferenzen unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren (K3). 	<p>2b) Alternativ Simulation: Wellenwanne</p>
16	<p>Lichtwellenlänge und Farbe</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Farbe des Lichts und Wellenlänge	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Zusammenhänge zwischen der subjektiven Farbwahrnehmung und der Wellenlänge des Lichts erschließen und aufzeigen (UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können kriteriengeleitet den Zusammenhang zwischen Farbe des Lichts und Interferenzmuster erläutern (E2). • SuS können qualitativ die Gesetzmäßigkeiten zwischen Farbe des Lichts, Wellenlänge und Interferenzmuster analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). 		<p>3) Demonstration des Zusammenhangs zwischen Wellenlänge und Farbe durch Interferenzerscheinungen verschiedenfarbiger Laser am Doppelspalt</p>
17	<p>Interferenz am Gitter</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Interferenzbilder hinter einem Doppelspalt und einem Gitter	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Interferenz am Gitter auf der Grundlage der Interferenz am Doppelspalt beschreiben und erläutern (UF1). • SuS können die Interferenz am Gitter zur präzisen Messung der Wellenlänge angemessen und begründet auswählen (UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Interferenz am Gitter zur Bestimmung der Wellenlänge erläutern und entsprechende Experimente zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen (E4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich mit anderen über die Erklärung der Interferenz am Gitter kritisch-konstruktiv austauschen und argumentativ belegen (K4). 	<p>4) Interferenz am <u>Gitter</u> mit monochromatischem Licht (Laser)</p> <p>5) Interferenz am Gitter mit polychromatischem Licht</p>
18/19	<p>Wellenlängenmessung mit dem Gitter</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Messung von Wellenlängen mit dem Gitter	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Versuch zur Messung der Wellenlänge von Licht mit dem Gitter begründet auswählen (UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Messung der Wellenlänge von Licht mit dem Gitter erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen (E4). • SuS können die Daten des Aufbaus zur Messung der Wellenlänge von Licht mit dem Gitter qualitativ und quantitativ analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Ergebnisse der Messung der Wellenlänge von Licht mit dem Gitter unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren (K3). 	<p>6) Messen der Wellenlänge des Lasers über das Gitter</p>

20/21	Leuchtdioden und Wellenlängen Basiskonzept: Wechselwirkung	Interferenzen mit LED-Licht erklären die Interferenzerscheinungen aus dem Alltag.	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Versuch zur Messung der Wellenlänge von LED-Licht mit dem Gitter begründet auswählen (UF2). • SuS können Zusammenhänge zwischen den Wellenphänomenen (S. 10/11) und der Interferenz von LED-Licht erschließen und aufzeigen. 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Messung der Wellenlänge von LED-Licht mit dem Gitter erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen (E4). • SuS können die Daten des Aufbaus zur Messung der mittleren Wellenlänge von LED-Licht mit dem Gitter qualitativ und quantitativ analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich mit anderen über die Erklärung der Interferenz von LED-Licht am Gitter kritisch-konstruktiv austauschen und argumentativ belegen (K4). 		Siehe Experiment 6)
22/23	Bestimmung kleinster Wegdifferenzen Basiskonzept: Wechselwirkung	Spurabstände von CD und DVD lassen sich mittels Lichtinterferenzen messen.	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Versuch zur Messung kleinster Wegdifferenzen mit Licht bekannter Wellenlänge begründet auswählen (UF2). • SuS können verschiedene Versuche zur Messung kleinster Wegdifferenzen mit Licht bekannter Wellenlänge nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Abstandsmessungen durchführen, erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen (E4). • SuS können die Messung kleinster Wegdifferenzen mithilfe von mathematischen Modellierungen erklären oder vorhersagen (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Spurabstände von CD, DVD und BD recherchieren und mit den Versuchsergebnissen vergleichend beurteilen (K2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens zur Bestimmung kleinster Wegdifferenzen bewerten (B4). 	7) Phänomenologisches Experiment am Reflexionsgitter (CD, DVD)
24/27	Das Huygens'sche Prinzip Basiskonzept: Wechselwirkung	Eigenschaften wie die Reflexion, Brechung und Beugung von Lichtwellen können mit Wasserwellen erklärt werden.	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Wellenphänomene unter Verwendung des Huygens'schen Prinzips beschreiben und erläutern (UF1). • SuS können zur Lösung von Problemen der Überlagerung von Wellen zielführend die Wellenlänge begründet auswählen (UF2). • SuS können Zusammenhänge bei der Beugung, Reflexion und Brechung zwischen unterschiedlichen Wellen erschließen und aufzeigen (UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können mit Bezug auf das Huygens'sche Prinzip Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). • SuS können Experimente zur Beugung, Reflexion und Brechung mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen (E4). • SuS können das Modell der Elementarwellen entwickeln und Gedankenexperimente und Simulationen erklären oder vorhersagen (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können mithilfe der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Reflexion und Brechung adressatengerecht präsentieren (K3). • SuS können sich mit anderen über die Phänomene Beugung, Reflexion und Brechung kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Strahlenmodell und das Wellenmodell des Lichts differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten (B2). 	8) Experimente mit der Wellenwanne Fotos von Beispielen für: <u>Elementarwelle</u>, <u>Ebene Wellen</u>, <u>Reflexion</u>, <u>Streuung</u>, <u>Beugung</u>, <u>Brechung</u>

	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung	Experimente, Materialien, Kommentare
28/29	QUANTENPHYSIK <i>Materialgestützte Aufgaben</i> Wellenlängenmessung mit der Kamera Wellentheorie und Korpuskelttheorie Spektren von nahezu weiß leuchtenden LEDs Farben hinter der CD	Kamera als Spektrometer Wellen und Korpuskel in der historischen Entwicklung Erzeugung von weißem Licht mit LEDs Hinter einer CD entstehen Mischfarben.		<ul style="list-style-type: none"> SuS können naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen in der Beschreibung von Interferenzen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen (E7). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick die Interferenz von Licht unterschiedlicher Wellenlänge analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). SuS können Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick die Interferenz von LED-Licht mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). SuS können Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick die Interferenz von Licht einer Halogenlampe analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Kontroversen um die Wellentheorie und die Korpuskelttheorie aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten (B2). 	
	ELEKTRONEN						
30	Elektronen	Wie können physikalische Eigenschaften (Ladung und Masse) eines Teilchens am Beispiel des Elektrons gemessen werden?	<ul style="list-style-type: none"> SuS können Fragestellungen zu den Eigenschaften von Elektronen beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Eigenschaften von Elektronen identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren (E1). 			

31	Quantelung der Ladung Basiskonzept: Struktur und Materie	Geladene Teilchen im elektrischen Feld	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen zur Bestimmung der Quantisierung der elektrischen Ladung (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können für die Kräfte auf geladenen Teilchen Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können bei der Dokumentation des Millikan-Experiments eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden (K1). 		9) Millikan-Experiment
32/33	Geladene Teilchen im elektrischen Feld Basiskonzept: Wechselwirkung	Das elektrische Feld und seine Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Konzept der Wechselwirkung von geladenen Teilchen mit dem elektrischen Feld begründet auswählen (UF2). • SuS können das Konzept der Feldlinien verwenden, um Feldstärken zu bestimmen (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Modell der Feldlinien entwickeln und verwenden, um die homogene Feldstärke im Kondensator zu erklären oder vorherzusagen (E6). 			10) Experimente zur Darstellung von E-Feldlinien (Grießkörner)
34	Die elektrische Kraft und die Energie Basiskonzept: Energie	Die Energie, die geladenen Teilchen im elektrischen Feld aufnehmen.	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können mit Bezug auf die Energieübertragung im elektrischen Stromkreis Gesetzmäßigkeiten zum Energietransport im Feld generieren (E3). 			11) Experiment zur Messung der elektrischen Kraft (alter Metzler S. 190)
35	<i>Exkurs:</i> Das Laborbuch von R. A. MILLIKAN					<ul style="list-style-type: none"> • SuS können an Beispielen von Konfliktsituationen bei der Veröffentlichung von Messdaten kontroverse Ziele und Interessen aufzeigen und bewerten (B3). 	<ul style="list-style-type: none"> •
36/37	Auswertung des Millikan-Versuchs Basiskonzept: Struktur und Materie	Die Elementarladung	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen zur Bestimmung der Elementarladung (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikan-Versuchs die Ergebnisse bei der Bestimmung der Elementarladung (E5). • SuS können das Modell der Elementarladung entwickeln sowie Gedankenexperimente und Simulationen dazu erklären oder vorherzusagen (E6). • SuS können naturwissenschaftliches Arbeiten am Beispiel des 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können bei der Beschreibung des Millikan-Versuchs eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden (K1). • SuS können die Durchführung, die Auswertung und die Ergebnisse des Millikan- 		

				Millikan-Versuchs reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild darstellen (E7).	Versuchs adressatengerecht präsentieren (K3).		
38	Das Elektron im Fadenstrahlrohr Basiskonzept: Wechselwirkung	Wie bestimmen wir die Masse des Elektrons? Die Bahn bewegter Elektronen wird sichtbar.	<ul style="list-style-type: none"> SuS bestimmen die Geschwindigkeitsänderung und die Energie eines Elektrons nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2). 				11) Demonstration Fadenstrahlrohr
39	<i>Vertiefung:</i> Fadenstrahlrohr und elektrisches Feld Basiskonzept: Wechselwirkung	Elektronen nehmen im elektrischen Feld Energie auf.	<ul style="list-style-type: none"> SuS analysieren die Bewegung des Elektrons und schließen auf die Energieaufnahme aus dem elektrischen Feld (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS entwickeln Modelle für die geradlinige Bewegung des Elektrons und können mithilfe von mathematischen Modellierungen und Simulationen Vorhersagen treffen (E6). 			12) Kathodenstrahlröhre (Beschleunigung durch das E-Feld), Wdh. EES zur Bestimmung der Maximalgeschwindigkeit des Elektrons
40	Die Masse des Elektrons Basiskonzept: Struktur und Materie	Die Masse des Elektrons auf der Kreisbahn	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Parameter, die auf die Bahn des Elektrons im Fadenstrahlrohr Einfluss nehmen, beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS modellieren Vorgänge im Fadenstrahlrohr (Energie der Elektronen, Lorentz-Kraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen (E6, E3, E5). SuS ermitteln die Elektronenmasse (E4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können bei der Beschreibung der Massenbestimmung eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden (K1). 		13) Wiederholung Zentripetalkraft Fz
41	<i>Vertiefung:</i> Ablenkung und Masse Basiskonzept: Wechselwirkung	Masse und Ablenkung im Magnetfeld		<ul style="list-style-type: none"> SuS können Modelle entwickeln, mit denen sich die Ablenkung im Fadenstrahlrohr in Abhängigkeit von der Masse erklären oder vorhersagen lässt. (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können sich mit anderen darüber austauschen, ob das Elektron eine Masse $m_e > 0$ hat oder nicht (K4). 		
42/43	<i>Vertiefung:</i> Fadenstrahlrohr und magnetisches Feld Basiskonzept: Wechselwirkung	Kräfte auf das bewegte Elektron im Magnetfeld	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS entwickeln Modelle für die Kreisbewegung des Elektrons und können mithilfe von mathematischen Modellierungen und Simulationen Vorhersagen treffen (E6). 			14) Einführung der Lorentzkraft mithilfe der Kathodenstrahlröhre und einem Permanentmagneten/ alternativ: Leiterschleife im Hufeisenmagnet (Ablenkung von bewegten Ladungen durch das B-Feld) 15) Fadenstrahlrohr: Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft.Exp. Bestimmung der Masse des Elektrons. (siehe Seite 80)

44/45	<p><i>Exkurs:</i> Polarlicht und Van-Al-len'scher Strahlungsgürtel</p>	Geladene Teilchen im Magnetfeld der Erde	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Zusammenhänge zwischen der Bewegung geladener Teilchen im Erdmagnetfeld und der Bewegung im Fadenstrahlrohr erschließen und aufzeigen (UF4). 				
46/47	<p><i>Materialgestützte Aufgaben</i> Das Elektron auf der Kreisbahn im Modell</p> <p>Bewegung des Elektrons im Fadenstrahlrohr</p> <p>Präsentation der Massenabhängigkeit</p> <p>Teilchenbeschleuniger</p>	<p>Modellbildung der Kreisbewegung im Fadenstrahlrohr</p> <p>Modellbildung der beschleunigten Bewegung im Fadenstrahlrohr</p> <p>Präsentation der Bewegung im Fadenstrahlrohr</p> <p>Bewegung von Teilchen im Kreisbeschleuniger</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS modellieren die Kreisbewegung im Fadenstrahlrohr (E6, E3, E5). • SuS modellieren die beschleunigte Bewegung im Fadenstrahlrohr (E6, E3, E5). • SuS können die Bewegung von Elektronen in einem Kreisbeschleuniger mithilfe von mathematischen Modellierungen erklären oder vorhersagen (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Durchführung, die Auswertung und die Ergebnisse des Millikan-Versuchs adressatengerecht präsentieren (K3). 		

PHOTONEN							
	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung	Experimente, Materialien, Kommentare
48/49	Der lichtelektrische Effekt Basiskonzept: Energie	UV-Licht ist energiereicher als sichtbares Licht.	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Übertragung von Energie vom Licht auf einzelne Elektronen beschreiben, erläutern und dabei die Wirkung von UV-Licht und sichtbarem Licht unterscheiden (UF1, UF2). SuS können Zusammenhänge zwischen der Bräunung der Haut und der Energieaufnahme von Elektronen erschließen und aufzeigen (UF4) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS demonstrieren mit dem Experiment zum lichtelektrischen Effekt den Quantencharakter von Licht (E2). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können sich mit anderen darüber austauschen, welche Vorstellung für die Wechselwirkung von Licht mit Elektronen angemessen ist, und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können zur Frage der Gefährlichkeit von UV-Strahlung verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten (B2). 	16) Qualitatives Demo-Exp. mit poliertem Zink-Blech und UV-/ IR-Lampe
50	Energiemessung bei Fotoelektronen Basiskonzept: Energie	Licht bewirkt, dass Elektronen ein Metall verlassen.		<ul style="list-style-type: none"> SuS können kriteriengeleitet Versuche zum lichtelektrischen Effekt beobachten, Messungen erläutern und auswerten, den Einfluss von Intensität und Wellenlänge vorhersagen und mathematisch modellieren (E2, E3, E4, E5). 			
51	Methode: Messung der Bewegungsenergie von Elektronen			<ul style="list-style-type: none"> SuS können ein Modell zur Bewegung der Fotoelektronen beim lichtelektrischen Effekt entwickeln und die Energieübertragung quantitativ erklären oder vorhersagen (E5). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Bewegung der Fotoelektronen beim lichtelektrischen Effekt adressatengerecht präsentieren (K3). 		
52/53	$E = h f$ Basiskonzept: Energie	Licht einer Wellenlänge überträgt nur ganz bestimmte Energiebeiträge.		<ul style="list-style-type: none"> SuS demonstrieren anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von sichtbarem Licht (E2) und den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsenergie der Elektronen (E5). 			17) h-Bestimmung (Mekruphy-Demoexperiment) mit Besprechung des Aufbaus mit Fotozelle zu h-Bestimmung
54	Umkehrung des lichtelektrischen Effekts	Licht einer Wellenlänge nimmt		<ul style="list-style-type: none"> SuS können auf deduktive Weise Hypothesen zur Umkehrung 			

	Basiskonzept: Energie	nur ganz bestimmte Energiebeträge auf.		rung des lichtelektrischen Effekts generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3).			
55	Licht und Photonen Basiskonzept: Struktur und Materie	Ein Modell zur Energieübertragung mit Licht: das Photon			<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Eigenschaften von Photonen in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen recherchieren und vergleichend beurteilen (K2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodell für Licht auf (B4). 	

WELLENEIGENSCHAFTEN DER ELEKTRONEN							
56	De-Broglie-Wellen Basiskonzept: Wechselwirkung	Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?	SuS erläutern die Aussage der De-Broglie-Hypothese und wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an (UF1, UF2).	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können mit der Hypothese von de BROGLIE die Eigenschaften des Elektrons modellieren und Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). • SuS bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (E4). 			18) Elektronenbeugung nach Davison-Germer
57	<i>Vertiefung:</i> Bestätigung der De-Broglie-Gleichung Basiskonzept: Wechselwirkung	Die Wellenlänge der Elektronen		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Bragg-Reflexion qualitativ analysieren und den Formelzusammenhang ermitteln und anwenden. 			
58/59	Das Elektron – kein klassisches Teilchen Basiskonzept: Struktur und Materie	Interferenzen von Elektronenwellen			<ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich mit anderen darüber austauschen, wie sich die Welleneigenschaften von Elektronen am Doppelspalt zeigen und die Eigenschaften von Elektronen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können begründet die Grenzen des Teilchenmodells am Beispiel von Elektronen darstellen (B4). 	
59	<i>Exkurs:</i> Interferenzen von Neutronen	Interferenzen von Neutronenwellen			<ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich mit anderen über die Welleneigenschaften von Teilchen austauschen und dabei Behauptungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können begründet die Grenzen des Teilchenmodells am Beispiel von Neutronen darstellen (B4) 	

QUANTENPHYSIK UND KLASSISCHE PHYSIK							
60/61	Die Photonerverteilung hinter dem Doppelspalt Basiskonzept: Struktur und Materie	Interferenzen von Photonen			<ul style="list-style-type: none"> • SuS verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Grafiken (K3). 		19) Filme & Simulationen zum Welle-Teilchen Dualismus von Elektronen und Photonen (Taylor-Experiment), „Dr. Quantum“
62/63	Methode: Simulation der Photonverteilung hinter dem Doppelspalt	Elektron und Photon sind Quantenobjekte.		<ul style="list-style-type: none"> • SuS untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung eines Simulationsprogramms (K3). 		
64/65	Das Elektron als Quantenobjekt Basiskonzept: Struktur und Materie	Elektron und Photon sind Quantenobjekte.		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge der Physik (E6, E7). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS präsentieren Beispiele für die Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (K4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS vergleichen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Photonen und Elektronen (B4). 	<ul style="list-style-type: none"> •
66/67	Interpretationsprobleme der Quantenphysik Basiskonzept: Struktur und Materie	Die Kopenhagener Deutung der Wahrscheinlichkeit für ein Quantenobjekt			<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren und präsentieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (K4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS entwickeln einen eigenen Standpunkt in der Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus auf der Basis von Sachargumenten (B4). 	<ul style="list-style-type: none"> •
68/69	<i>Exkurs:</i> Verschränkte Zustände und spukhafte Fernwirkung					<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Eigenschaften von Quantenobjekten am Beispiel der „spukhaften Fernwirkung“ beurteilen (B4). 	<ul style="list-style-type: none"> •
70/71	<i>Materialgestützte Aufgaben</i> Sonnenbrand und Wirkungsquantum Intensität des Lichts beim lichtelektrischen Effekt			<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Modelle für die Aufladung des Kondensators durch Photoelektronen entwickeln und mithilfe von mathematischen Modellierungen erklären (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Vorgang der Energieübertragung von Licht auf Elektronen adressatengerecht präsentieren (K3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Gefährlichkeit von UV-Strahlung bewerten und begründet gewichten (B1). 	

	Welleneigenschaften großer Moleküle			<ul style="list-style-type: none"> • SuS können erkenntnistheoretische Aussagen zum Doppelspaltversuch reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild in ihrer historischen Entwicklung erkennen (E7). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich mit anderen über die Welleneigenschaften von Teilchen und Molekülen austauschen und dabei Behauptungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). 		
72/73	GRUNDWISSEN						
74/75	WISSENSTEST						

Elektrodynamik (Q1)

Seite	METZLER PHYSIK Q		Bausteine für ein Schulcurriculum auf der Grundlage von METZLER PHYSIK Q – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –				
	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung	Experimente, Materialien, Kommentare
	ELEKTRODYNAMIK						
76/77	Übersicht <i>Exkurs:</i> AmpaCity – Energietransport mit supraleitendem Stromkabel	Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? <i>Elektrischer Energietransport in der Innenstadt von Essen</i>		<ul style="list-style-type: none"> SuS können Probleme der Energieversorgung und des Energietransports identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren (E1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2). 		
	INDUKTIONSPHÄNOMENE						
78/79	Induktionsphänomene Basiskonzept: Wechselwirkung	Induktion in Geräten aus dem Alltag		<ul style="list-style-type: none"> SuS können in unterschiedlichen Geräten Induktionsphänomene identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren (E1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS recherchieren Anwendungen der Induktion in der Technik (K2). 		
80/83	Magnetfeld und Lorentz-Kraft Basiskonzept: Wechselwirkung	Erzeugung elektrischer Energie mit mechanischer Energie	<ul style="list-style-type: none"> SuS bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Bewegung eines stromdurchflossenen Leiters im Magnetfeld beobachten und die Kraft F_L messen (E2). SuS können die Kraft F_L auf die magnetische Feldstärke B zurückführen (E3). SuS können den Zusammenhang $F_L = B I \ell$ ermitteln und anwenden (E5). SuS können die Kraft auf ein einzelnes bewegtes Elektron ermitteln und anwenden (E5). SuS bestimmen die Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers (E6). 			(siehe Fadenstrahlrohr)

83	<i>Methode:</i> \dot{B} als zeitliche Änderungen der Magnetfeldstärke B	Steigung und Wert von $B(t)$	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die zeitliche Änderung der Magnetfeldstärke \dot{B} aus dem Grafen von $B(t)$ ermitteln (UF1). 				
84/85	<i>Vertiefung:</i> Magnetfeld von Leiter und Spule Basiskonzept: Wechselwirkung	Eigenschaften von Magnetfeldern		<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Feldstärke B eines stromdurchflossenen Leiters und einer (langen) Spule messen (E2). SuS können die Feldstärke B auf die Stromstärke I zurückführen (E3). SuS können den Zusammenhang $B = \mu_0 I n / \ell$ ermitteln und anwenden (E5). 			
86/87	Induktion an der Leiterschaukel Basiskonzept: Wechselwirkung	An einem bewegten Leiter im Magnetfeld entsteht eine Spannung.	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern am Beispiel der Leiterschaukel das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentz-Kraft auf bewegte Ladungsträger (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS modellieren das Auftreten einer Induktionsspannung an einer Leiterschaukel durch die Wirkung der Lorentz-Kraft F_L auf bewegte Ladungsträger (E6). 			20) Leiterschaukel
88-91	Das Induktionsgesetz Basiskonzept: Wechselwirkung	Induktionsphänomene werden mit dem Induktionsgesetz quantitativ beschrieben.	<ul style="list-style-type: none"> SuS führen Induktionsercheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Induktionsspannung U in Abhängigkeit von den Parametern Änderungsrate der Magnetfeldstärke, Fläche und Windungszahl messen, daraus das Induktionsgesetz ermitteln und anwenden (E2, E3, E4, E5). SuS können die einheitliche Beschreibung aller Induktionsphänomene mit dem Induktionsgesetz reflektieren (E7) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Induktion jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3). 		21) Leiterschleife
92/93	<i>Methode:</i> Parameter der Induktionsspannung im Modell	Ein Modell zur Vorhersage von Induktionsspannungen	<ul style="list-style-type: none"> SuS ordnen Induktionsphänomene nach der Bewegungsrichtung der Leiterschleife im Magnetfeld (UF3). 				22) Thomson'scher Ringversuch

94/95	<p><i>Materialgestützte Aufgaben</i></p> <p>Spannung an der Fallröhre</p> <p>Spannung am Fahrraddynamo</p> <p>Spannung der Lichtmaschine</p> <p>Der bessere Nabendynamo</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Zusammenhänge zwischen Induktion und Fallbewegung auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen. (UF4). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Induktionsspannung eines Fahrraddynamos ermitteln, begründen und adressatengerecht präsentieren (K3). • SuS können die Induktionsspannung einer KFZ-Lichtmaschine ermitteln, begründen und adressatengerecht präsentieren (K3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Eigenschaften eines Nabendynamos in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit hinsichtlich der Erfordernisse im Straßenverkehr bewerten und gewichten (B1). 	<p>23. Generator</p> <p>24. Transformator</p> <p>25. Modellexperiment zu Freileitungen (Untersuchung der Verlustleistung bei unterschiedlichen Spannungen) → Sven</p> <p>26. Oszilloskop oder Messwerterfassungssystem (SuS werten Messdaten im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus)</p>
ENERGIETRANSPORT MIT GLEICHSPANNUNG							
96	<p>Energietransport mit Gleichspannung</p> <p>Basiskonzept: Energie</p>	Ladegeräte aus dem Alltag für Handy und E-PKW		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Probleme der Energieversorgung und des Energietransports mit Gleichspannung identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren (E1). 			
97	<p>Energie, Energiestrom und Leistung</p> <p>Basiskonzept: Energie</p>	Fachsprachliche Begriffe: Energie, Energiestrom und Leistung	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können zur Lösung physikalischer Probleme Energie und Energiestrom (Leistung) angemessen und begründet auswählen (UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können mit Energie und Energiestrom (Leistung) mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und erklären (E5, E6). 			

98/10 0	Energie und Spannung Basiskonzept: Energie	Der Zusammenhang von Spannung, Strom und Energie	<ul style="list-style-type: none"> • SuS definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Energieaufnahme und die Energieabgabe des elektrischen Stromkreises mit Strom und Spannung analysieren und erklären (E5, E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Besonderheiten der Induktionsspannung adressatengerecht präsentieren (K3). 		
101	Wirbelströme Basiskonzept: Wechselwirkung	Das Induktionsschleifenfeld		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können mit dem elektrischen Feld in einer Leiterschleife bei Induktion die Erwärmung des Kochfeldes erklären oder vorher-sagen (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Energieübertragung mittels Induktion adressatengerecht präsentieren (K3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Vor- und Nachteile der technischen Nutzung von Wirbelströmen (B1). 	<ul style="list-style-type: none"> •
102/1 03	Die Lenz'sche Regel Basiskonzept: Wechselwirkung	Wirbelströme im Alltag: Bremsen mit Induktion	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern anhand des Thomson'schen Ringversuchs die Lenz'sche Regel (UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS werten das Ergebnis des Thomson'schen Ringversuchs mit der Lenz'schen Regel aus (E5). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1). 	<ul style="list-style-type: none"> •
104/1 07	<i>Vertiefung:</i> Felder als Energiespeicher Basiskonzept: Energie	Optimierung des Wirkungsgrads der elektrischen Stromversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das elektrische und magnetische Feld als Energiespeicher beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können mit dem elektrischen und magnetischen Feld als Energiespeicher die Transformation von Gleichspannung erklären oder vorhersagen (E6). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den technischen Aufwand und die Kosten bei der Optimierung des Wirkungsgrads der Energieversorgung (B1). 	<ul style="list-style-type: none"> •
108/1 09	<i>Materialgestützte Aufgaben</i> Bremsen durch Induktion Energieumsatz eines Elektroautos Energie vom Nabendynamo Wirkungsgrad eines Schaltwandlers			<ul style="list-style-type: none"> • SuS analysieren den Bremsvorgang eines ICEs mittels Induktionsbremse und werten die Daten hinsichtlich des Energieumsatzes aus (E5). • SuS analysieren den Energieumsatz eines Modellautos für unterschiedliche Testläufe und werten die gegebenen Daten aus (E5). • SuS analysieren die Vorgänge bei der Zwischenspeicherung von Energie des Fahrraddynamos (E5). • SuS modellieren die Funktionsweise eines Schaltwandlers und erklären den hohen Wirkungsgrad (E6). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS übertragen die Ergebnisse des Energieumsatzes auf den eines PKWs im Straßenverkehr und bewerten das Fahrverhalten (B1). • SuS bewerten die Nutzung von Energiequellen, die nicht kontinuierlich verfügbar sind (B1). • SuS bewerten den technischen Aufwand und die Kosten bei der Optimierung des Wirkungsgrads der Energieversorgung (B1). 	

ENERGIETRANSPORT MIT WECHSELSPANNUNG						
110/111	Rotierende Spule im Magnetfeld Basiskonzept: Wechselwirkung	Generator als Grundlage für die elektrische Energieversorgung	<ul style="list-style-type: none"> SuS können zur Beschreibung der Eigenschaften eines Wechselspannungsgenerators Wechselspannung und Wechselstrom begründet auswählen und anwenden (UF2, UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6). 		
112	Energietransport im Wechselstromkreis Basiskonzept: Energie	Energietransport mit Wechselspannung und Wechselstrom	<ul style="list-style-type: none"> SuS können Effektivwerte und Scheitelwerte von Strom und Spannung begründet auswählen und anwenden (UF2, UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5). SuS können aus den Messdaten auf den elektrischen Energietransport quantitativ schließen (E6). 		
113	<i>Exkurs:</i> Der Stromkrieg – Entscheidung zwischen zwei Systemen Basiskonzept: Energie				<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Energieübertragung mit Wechselstrom sprachlich angemessen und verständlich (K3). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die Kontroversen zwischen der Energieversorgung mit Wechselspannung und der mit Gleichspannung differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten (B2).
114/115	Der Transformator Basiskonzept: Wechselwirkung	Der Transformator als wesentliches Bauteil für den elektrischen Energietransport	<ul style="list-style-type: none"> SuS ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim Transformator (UF1, UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4). 		
116/117	Energietransport über Freileitungen Basiskonzept: Energie	Transport elektrischer Energie mit Hochspannungseleitungen	<ul style="list-style-type: none"> SuS ermitteln den Einfluss der ohmschen Leitungsverluste auf die Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie (UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS begründen den Einfluss von Spannung, Strom und Energieverlusten auf die Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie (UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS verwenden ein physikalisches Modellexperiment zu Freileitungen, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1). SuS beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).

118/119	<i>Exkurs:</i> Die öffentliche Versorgung mit elektrischer Energie				<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren aktuelle Informationen und Daten zur Versorgung mit elektrischer Energie (K2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen die Vor- und Nachteile einer in jeder Situation sicheren elektrischen Energieversorgung und bewerten die gegenwärtige Situation (B4).
120/121	Energieübertragung mit Gleichstrom Basiskonzept: Energie	Hochspannungsleitungen mit Gleichspannung	<ul style="list-style-type: none"> • SuS vergleichen den Transport elektrischer Energie mit Gleich- und mit Wechselspannung (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können auf die Verluste des elektrischen Energietransports quantitativ schließen (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Energieübertragung mit Gleichstrom sprachlich angemessen und verständlich (K3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen Vor- und Nachteile der Energieübertragung mit Wechsel- und Gleichstrom über große Entfernungen (B2, B1, B4).
122	<i>Exkurs:</i> Entwicklung der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik				<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren den aktuellen Stand von Projekten zur Energieübertragung (z. B. DESERTEC) (K2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen Projekte der Energieübertragung mit Gleichspannung über große Entfernungen und bewerten die Wirtschaftlichkeit des Projekts (B1, B2, B4).
123	<i>Exkurs:</i> Von den Anfängen der Stromversorgung			<ul style="list-style-type: none"> • SuS können naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen der Energieversorgungstechnik in ihrer historischen Entwicklung darstellen (E7). 		
124/125	<i>Materialgestützte Aufgaben</i> Messung des Erdmagnetfelds Wirkungsgrad eines realen Transformators Kabellose Aufladung eines Elektroautos			<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Messdaten qualitativ und quantitativ auf die Wirkung des Erdmagnetfeldes zurückführen, sie analysieren und die Feldstärke ermitteln (E5). • SuS können aus den Messdaten eines realen Transformators auf den Wirkungsgrad der Energieübertragung schließen (E5). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen Möglichkeiten und Grenzen von Projekten zur Energieversorgung elektrischer Fahrzeuge mittels Induktion (B1, B2, B4).
126/127	GRUNDWISSEN					
128/129	WISSENSTEST					

Strahlung und Materie (Q2)

Seite	METZLER PHYSIK Q		Bausteine für ein Schulcurriculum auf der Grundlage von METZLER PHYSIK Q – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –			
	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
	STRAHLUNG UND MATERIE					
130/131	Einführung	Sternspektren, Tumorbehandlung, Standardmodell der Teilchenphysik		<ul style="list-style-type: none"> SuS können in unterschiedlichen Kontexten Probleme der Strahlung identifizieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren (E1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische sowie moderne Vorstellungen zum Aufbau der Materie (K2) 	
	LINIENSPEKTREN					
132/133	Die quantenhafte Emission und Absorption Basiskonzept: Wechselwirkung	Emissions- und Absorptionsspektren atomarer Gase	<ul style="list-style-type: none"> SuS können das Phänomen der quantenhaften Emission bzw. Absorption (Linienspektren) beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beobachten kriteriengeleitet die Emissions- und Absorptionsspektren atomarer Gase (E2). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können bei der Dokumentation der Experimente zur Spektralanalyse eine korrekte Fachsprache und eine fachübliche Darstellung verwenden (K1). 	
134/135	Der Franck-Hertz-Versuch Basiskonzept: Wechselwirkung	Anregung von Atomen durch Elektronenstoß (Franck-Hertz-Versuch)	<ul style="list-style-type: none"> SuS können das Phänomen der quantenhaften Anregung von Quecksilberatomen durch Elektronenstoß beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können den Aufbau und die Zielsetzung des historisch bedeutsamen Franck-Hertz-Versuchs erläutern (E4). SuS erläutern die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können bei der Dokumentation des Franck-Hertz-Versuchs eine korrekte Fachsprache und eine fachübliche Darstellungsweise verwenden (K1). 	
136	Atomspektren Basiskonzept: Wechselwirkung	Flammenfärbung und Fraunhofer-Linien	<ul style="list-style-type: none"> SuS erklären Sternspektren und Fraunhofer-Linien (UF1, E5, K2). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. die Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von 		

				Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7).		
137	<i>Materialgestützte Aufgabe</i> Fraunhofer-Linien	Resonanzabsorption, Beobachtung von Fraunhofer-Linien	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären Sternspektren und Fraunhofer-Linien (UF1, E5, K2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von Linienspektren bzw. die Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS interpretieren Spektraltafeln des Sonnenspektrums im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1). 	
138	<i>Materialgestützte Aufgabe</i> Sternspektren	Temperaturabhängigkeit des kontinuierlichen Spektrums, Absorptionslinien	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären Sternspektren und Fraunhofer-Linien (UF1, E5, K2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden (Untersuchung der Sternspektren) Informationen über den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1). 		
PHYSIK DER ATOMHÜLLE						
139	Diskrete Energieniveaus Basiskonzept: Energie Struktur der Materie	Energieniveauschema des Wasserstoffatoms	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus der Atomhülle (UF1, E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können aufgrund der diskreten Energieniveaus des Atoms Hypothesen zur Emission bzw. Absorption von Photonen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können bei der Dokumentation der theoretischen Überlegungen zu den diskreten Energieniveaus eine korrekte Fachsprache verwenden (K1). 	
140/141	Zustände des Wasserstoffatoms Basiskonzept: Energie, Struktur der Materie	Erklärung der diskreten Energieniveaus mithilfe des Wellenmodells des gebundenen Elektrons	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Stabilität des Wasserstoffatoms mithilfe des übergeordneten Prinzips der stehenden Welle beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die berechneten Energieniveaus quantitativ im Hinblick auf Regeln bzgl. der emittierten Serien analysieren und die Ergebnisse verallgemeinern (E5). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können bei der Dokumentation der theoretischen Überlegungen zu den diskreten Energieniveaus eine korrekte Fachsprache verwenden (K1). 	
142	<i>Vertiefung:</i> Stationäre Zustände und stehende Wellen Basiskonzept: Struktur der Materie	Stehende Wellen erläutern die Existenz diskreter Energieniveaus.	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Stabilität des Wasserstoffatoms mithilfe des übergeordneten Prinzips der stehenden Welle beschreiben und erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können anhand der stehenden Welle ein mit dem Wellenmodell des Elektrons konsistentes Modell entwickeln und Energieniveaus berechnen (E6). 		
143	<i>Materialgestützte Aufgaben</i> Farbstoffmoleküle He ⁺ -Ion Größe von Atomen	Farbstoffe Helium Größe von Atomen (Atomradien)	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus der Atomhülle (UF1, E6) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von Linienspektren bzw. der Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). 		

144/145	<p><i>Materialgestützte Aufgabe</i></p> <p>Die historische Entwicklung der Atommodelle</p> <p>Basiskonzept: Struktur der Materie</p>	<p>Die historische Entwicklung der Atommodelle ausgehend von den Vorstellungen der Antike bis hin zum Wellenmodell unter besonderer Berücksichtigung des Modellbegriffs sowie der Grenzen der Anwendbarkeit eines Modells</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die historische Entwicklung der Atommodelle unter Verwendung von Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern (UF1). • SuS können die verschiedenen Atommodelle nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4). • SuS erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. die Spektralanalyse, die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches sowie der charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die historische Entwicklung der Atommodelle unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren (K3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können fachliche Kriterien bei der Bewertung der Atommodelle bzgl. ihrer Anwendbarkeit unterscheiden und begründet gewichten. (B1)
146	<p>Röntgenstrahlung</p> <p>Basiskonzept: Energie Wechselwirkung</p>	<p>Entstehung des kontinuierlichen und charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Entstehung von Röntgenstrahlung unter Verwendung von Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern (UF1). • SuS unterscheiden das kontinuierliche und das charakteristische Röntgenspektrum (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung der charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). 		
147	<p><i>Materialgestützte Aufgaben</i></p> <p>Berechnung der Wellenlänge der K_{α}-Strahlung Medizinische Anwendung</p>	<p>Quantitative Voraussagen durch die Verwendung der diskreten Energieniveaus</p> <p>Die Wellenlängenabhängigkeit der Absorption macht medizinische Anwendungen möglich.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Entstehung von Röntgenstrahlung unter Verwendung von Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern (UF1). • SuS unterscheiden die vorkommenden Energien bei der Emission bzw. Absorption von Röntgenstrahlung (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). 		

	IONISIERENDE STRAHLUNG					
148/149	Radioaktivität Basiskonzept: Wechselwirkung	Umweltradioaktivität, Strahlungsarten	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie (UF1). • SuS unterscheiden α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung (UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5). 		
150/151	Kernreaktionen Basiskonzept: Energie	Darstellung der Reaktionen, Nuklidkarte	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1). 			
152	Methode: Umgang mit der Nuklidkarte	Kernumwandlungen mithilfe der Nuklidkarte	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1). • SuS können die Zerfallsarten unterscheiden, die Reaktionsgleichungen angeben sowie Zerfallsreihen aufstellen (UF3) 			
153	<i>Exkurs:</i> Auf der Suche nach neuen Elementen <i>Exkurs:</i> Positronen-Emissions-Tomographie	Darstellung eines wissenschaftlichen Experiments Darstellung eines medizinischen Diagnoseverfahrens	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Prinzip der Positronen-Emissions-Tomographie unter Verwendung übergeordneter Prinzipien erläutern (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Grundprinzip eines wissenschaftlichen Experiments unter Verwendung der Fachbegriffe erläutern (E4). 		
154/155	Das Zerfallsgesetz Basiskonzept: Wechselwirkung	Radioaktiver Abfall, zeitliche Entwicklung der Radioaktivität	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Aufbau sowie die Durchführung von Experimenten zum Zerfallsgesetz sachgemäß beschreiben (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Zerfallsgesetz in unterschiedlichen Kontexten identifizieren und analysieren (E1). • SuS können die zeitliche Entwicklung von Zerfällen beobachten, Messungen erläutern und sachgerecht qualitativ und quantitativ auswerten (E2, E5). • SuS bestimmen Zählraten und Halbwertszeiten (E2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Experimente zum Zerfallsgesetz dokumentieren und dabei eine korrekte Fachsprache verwenden (K1). 	

156	<p><i> Methode:</i> Auswerten von Messdaten</p> <p>Basiskonzept: Energie</p>	Messwerte und grafische Darstellungsweisen	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können zu einem linearen Zusammenhang aus einer Grafik die zugehörige Funktionsgleichung bestimmen (UF2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). 		
157	<p>Abschirmung</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Schutz vor Strahlung in unterschiedlichen Zusammenhängen	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Aufbau sowie die Durchführung von Experimenten zur Absorption bzw. Abschirmung von Strahlung sachgemäß beschreiben. (UF1). • SuS beschreiben Wirkungen ionisierender Strahlung auf Materie (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5). 		
158/159	<p><i> Materialgestützte Aufgaben</i></p> <p>Altersbestimmung Reichweite Absorption Radionuklidbatterien</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Radiokohlenstoffmethode Absorptionsverhalten Radionuklidbatterien	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Zerfallsgesetz wiedergeben und Wirkungen ionisierender Strahlung auf Materie beschreiben (UF1). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich relevante Informationen aus den Sachtexten oder aus anderen Quellen beschaffen, auswerten und vergleichen (K2). • SuS präsentieren die C14-Methode, die Reichweite von Strahlung und die Radionuklidbatterie unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht (K3). 	
160/161	<p>Strahlungsdetektoren</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p>	Messung von Strahlung: Strahlungsdetektion mit dem Geiger-Müller-Zählrohr Teilchendetektion am CERN	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (Geiger-Müller-Zählrohr) (UF1). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren in unterschiedlichen Medien, um Informationen über den Aufbau und die Wirkungsweise von Teilchendetektoren zu erhalten (K2). 	

162/164	Dosimetrie und biologische Wirkung Basiskonzept: Wechselwirkung	Risiken für Lebewesen und Anwendungsmöglichkeiten ionisierender Strahlung in der Medizin	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Wirkungen ionisierender Strahlung auf lebende Organismen (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4). • SuS erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastung des Menschen im Alltag (B1, K2).
165	<i>Materialgestützte Aufgaben</i> Dosis-Wirkungs-Beziehung Radon Basiskonzept: Wechselwirkung	Strahlungsbelastung, natürliche Belastung durch Radon in Häusern	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Wirkungen ionisierender Strahlung auf lebende Organismen (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4). • SuS erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastung des Menschen im Alltag (B1, K2).

	AUFBAU DER MATERIE					
166/167	Die Bausteine des Standardmodells Basiskonzept: Struktur der Materie	Aufbau der Materie, CERN	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen der Elementarteilchenphysik (K2). 	
168/169	Die Austauschteilchen im Standardmodell Basiskonzept: Wechselwirkung	Was die Welt im Innersten zusammenhält, CERN, Gebundene Quarkzustände	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Zusammensetzung der Baryonen und Mesonen aus Quarks (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6) 		
170/171	Teilchenreaktionen Basiskonzept: Wechselwirkung	Hochenergiephysik am CERN, Teilchenreaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). 			
172	Feynman-Diagramme	Feynman-Diagramme zur Darstellung von Teilchenreaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können als Feynman-Diagramme dargestellte Wechselwirkungsprozesse unter Verwendung der Fachsprache erklären (K1). 	
173	<i>Materialgestützte Aufgabe</i> LHC und Teilchendetektoren	LHC und CMS			<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen der Elementarteilchenphysik (K2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten am Beispiel des CERNs die Rolle von Großforschungseinrichtungen (B4).
174/175	GRUNDWISSEN					
176/177	WISSENSTEST					

Die Relativität von Zeit und Raum (Q2)

Seite	METZLER PHYSIK Q		Bausteine für ein Schulcurriculum auf der Grundlage von METZLER PHYSIK Q – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau –			
	Inhalte	Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
	DIE RELATIVITÄT VON ZEIT UND RAUM					
178/179	Einführung	EINSTEINS Leben und seine wissenschaftliche Leistung	<ul style="list-style-type: none"> SuS kennen die grundlegenden Phänomene der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie (E1, E4). 		<ul style="list-style-type: none"> SuS dokumentieren den Lebensweg Albert EINSTEINS (K1, K3). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS bewerten die Bedeutung Albert EINSTEINS für die Physik (B3).
	DIE RELATIVISTISCHE KINEMATIK					
180/181	Äther und absoluter Raum Michelson-Morley-Experiment Basiskonzept: Wechselwirkung	NEWTONS Vorstellung vom absoluten Raum Schulversuch zum Prinzip des Michelson-Morley-Experiments	<ul style="list-style-type: none"> SuS kennen das klassische Weltbild vom absoluten Raum (E6). SuS können den Begriff <i>Inertialsystem</i> und das Galilei'sche Relativitätsprinzip erklären (UF1). SuS kennen die Zielsetzung des Michelson-Morley-Experiments (E6). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS können die klassische Vorstellung von der Lichtausbreitung im Äther erklären (E6). SuS interpretieren den Ausgang des Michelson-Morley-Experiments als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln am Beispiel des Michelson-Morley-Experiments (B4, E7). 	
182/183	Die Relativitätspostulate Basiskonzept: Wechselwirkung	GPS – Navigation mit Satelliten	<ul style="list-style-type: none"> SuS kennen die Relativitätspostulate (E3). SuS wissen, wie mit der Einstein-Synchronisation Uhren in einem Inertialsystem gleichzeitig in Gang gesetzt werden (UF1, E3). SuS wissen, dass Gleichzeitigkeit relativ ist und Uhren nur im selben Inertialsystem – das als ruhend angesehen wird – synchronisiert werden können (UF1, E7). 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1). 		<ul style="list-style-type: none"> SuS recherchieren die Gründe, die zur jahrzehntelangen Ablehnung der Relativitätstheorie führten (K2, K3).

184	Lichtgeschwindigkeit als Grenze Basiskonzepte: Wechselwirkung Struktur der Materie	Experiment am Linearbeschleuniger der Stanford-Universität	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Formel zur relativistischen Addition von Geschwindigkeiten anwenden (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2). 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten die Bedeutung experimenteller Tests für die Anerkennung einer Theorie (B2).
185	Myonen in der Atmosphäre Basiskonzepte: Wechselwirkung Struktur der Materie	Höhenstrahlung Das Kamiokande-Experiment	<ul style="list-style-type: none"> • SuS kennen den Widerspruch zwischen der großen Anzahl der auf der Erdoberfläche nachgewiesenen Myonen und dem während ihrer Halbwertszeit zurückgelegten Weg (E3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfall</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1). 		
186/187	Eigenzeit und Zeitdilatation Basiskonzept: Wechselwirkung	Lichtuhren	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (Lorentz-Faktor) (E6, E7). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS kennen den Unterschied zwischen der Zeit t in einem Inertialsystem I und der für ein bewegtes Objekt vergehenden Eigenzeit t_0 (UF1). • SuS können die Aussage „<i>Bewegte Uhren gehen langsamer</i>“ erklären (E2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3). 	
188/189	<i>Vertiefung:</i> Zeitdilatation und Längenkontraktion Basiskonzept: Wechselwirkung	Myonen im Speicherring, Zwilling-Paradoxon	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (UF3, K3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können das <i>Myonen-Paradoxon</i> auch mit der Bewegung der Erde im Ruhesystem der Myonen erklären (E1). 		
190	<i>Vertiefung:</i> Zeitdilatation durch Gravitation Basiskonzept: Wechselwirkung	Maryland-Experiment Das Vergehen der Zeit in Satelliten	<ul style="list-style-type: none"> • SuS wissen, dass es neben dem relativistischen Zeiteffekt der Geschwindigkeit einen weiteren Zeiteffekt durch Gravitation gibt (UF1, E2). 	<ul style="list-style-type: none"> • 		
191	<i>Exkurs:</i> Das Hafele-Keating-Experiment Basiskonzept: Wechselwirkung	Flug mit Atomuhren in Linienmaschinen rund um die Erde	<ul style="list-style-type: none"> • SuS kennen das H-K-Experiment als ersten Nachweis der relativistischen Zeiteffekte mit Atomuhren (E4). 	<ul style="list-style-type: none"> • 		

DIE RELATIVISTISCHE DYNAMIK						
192/193	Die Massenzunahme Basiskonzepte: Wechselwirkung Struktur der Materie Energie	Zyklotron, Synchrozyklotron	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können begründen, warum das Zyklotron mit konstanter Wechselspannungsfrequenz betrieben werden kann. (UF1). • SuS kennen die Begriffe <i>Ruhemasse</i> und <i>dynamische Masse</i> und können die zugehörige Formel auf physikalische Beobachtungen anwenden (UF1, E2, E3). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erkennen, dass das <i>Außer-Takt-Geräten</i> des Zyklotrons mit der Zunahme der Umlaufzeit aufgrund der Zeitdilatation erklärt werden kann und mit der Zunahme der Umlaufzeit eine Zunahme der Masse um den gleichen Faktor γ einhergeht (UF4, E1). • SuS können den relativistischen Impuls mit einem anschaulichen Modell erklären (UF1, E6). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4). 	
194/195	Masse und Energie Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie Struktur der Materie	Paarvernichtung, Reaktion von Teilchen bei Stößen in Beschleunigern	<ul style="list-style-type: none"> • SuS wissen, dass die <i>Ruheenergie</i> eine neue, klassisch nicht bekannte Energieform ist (E3). • SuS kennen die Definition der relativistischen Energie (UF4). • SuS wissen, dass die Gesamtenergie $E = mc^2$ eines Teilchens die Summe aus Ruheenergie und kinetischer Energie ist (E7). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS verstehen die Gleichung $E = mc^2$ als Aussage, dass „<i>Masse nichts anderes ist als Energie</i>“ (UF4). • SuS erkennen, dass bei Teilchenreaktionen Ruheenergie und kinetische Energie ineinander umgewandelt werden können (UF1). • SuS wissen, dass bei der Paarvernichtung von Elektron und Positron deren Ruheenergie vollständig in die Energie von Photonen umgewandelt wird (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Energie-Masse Äquivalenz und erklären die Verschmelzung der beiden klassischen Erhaltungssätze von Energie und Masse zu einem einzigen Erhaltungssatz (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewerten die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Bedeutung der Kernspaltung und der Kernfusion (B1, B3).
KERNENERGIE						
196/197	Kernfusion in der Sonne Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie Struktur der Materie	Energievorrat der Sonne Entstehung der Elemente	<ul style="list-style-type: none"> • SuS kennen den Proton-Proton-Zyklus bei der Kernfusion (UF1). • SuS kennen den bei Nukleonen gemessenen Massendefekt (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS verstehen den Massendefekt als Bindungsenergie der Kerne. • SuS erkennen in der von der Sonne abgestrahlten Energie die bei der Kernfusion frei werdende Bindungsenergie der Kerne. • SuS wissen, dass die <i>Bindungsenergie pro Nukleon</i> eine für Kerne charakteristische Größe ist und können daraus die Möglichkeiten der Energiefreisetzung bei Kernfusion und Kernspaltung ableiten. 		

198/199	<i>Exkurs:</i> Energie aus Fusionsreaktoren - eine Zukunftsvision	JET, ITER, Wendelstein X-7	<ul style="list-style-type: none"> • SuS lernen das Tokamak-Prinzip bei ITER und das Stellarator-Prinzip bei Wendelstein X-7 kennen (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS kennen die großen internationalen Anstrengungen, die mit dem Bau von Fusionsreaktoren verbunden sind. 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen die Realisierungschancen von Kernfusionsreaktoren anhand von physikalischen und technischen Kriterien (B1, B4).
200/201	Kernspaltung Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie Struktur der Materie	Geschichte der Entdeckung der Kernspaltung, Funktion eines Druckwasser-Reaktors	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Kernspaltung mit der Bindungsenergie der Nukleonen erklären (UF4, E1). • SuS verstehen die Funktionsweise eines Druckwasserreaktors (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erkennen in den radioaktiven Abfallprodukten und der dadurch bedingten Nachzerfallswärme die von Kernreaktoren ausgehende Gefahr (E1, E2). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren die von Kernkraftwerken ausgehenden Gefahren anhand von Kraftwerksunfällen (K2, B4). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten die Rolle von Lise MEITNER bei der Entdeckung der Kernspaltung (K1, B3). • SuS beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien B1, B4).
202	<i>Materialgestützte Aufgabe</i> Fizeau-Experiment		<ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Fresnel'schen Mitführungskoeffizienten mit der relativistischen Addition von Geschwindigkeiten berechnen (UF1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS kennen die Bedeutung des Fizeau-Experiments für die Entwicklung der Relativitätstheorie (E3). 		
203 204/205	<i>Vertiefung:</i> Die allgemeine Relativitätstheorie: Grundlagen der Theorie Experimentelle Tests Basiskonzepte: Energie Struktur der Materie		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erwerben durch eigenständiges Studium grundlegende Kenntnisse der allgemeinen Relativitätstheorie (E1). 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS können in einem vorgegebenen Fachgebiet selbstständig physikalische Fragestellungen bearbeiten (UF4). 		
206	GRUNDWISSEN					
207	WISSENSTEST					

Umgang mit Fachwissen	Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...
UF1 Wiedergabe	physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.
UF2 Auswahl	zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.
UF3 Systematisierung	physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren.
UF4 Vernetzung	Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

Erkenntnisgewinnung	Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...
E1 Probleme und Fragestellungen	in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren.
E2 Wahrnehmung und Messung	kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden.
E3 Hypothesen	mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten.
E4 Untersuchungen und Experimente	Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen.
E5 Auswertung	Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.
E6 Modelle	Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.
E7 Arbeits- und Denkweisen	naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Kommunikation	Schülerinnen und Schüler können ...
K1 Dokumentation	Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge.
K2 Recherche	in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig physikalischtechnische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen bearbeiten.
K3 Präsentation	physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen.
K4 Argumentation	physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

Bewertung	Schülerinnen und Schüler können ...
B1 Kriterien	bei Bewertungen in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben.
B2 Entscheidungen	für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen.
B3 Werte und Normen	in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen.